

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГОРЕНИЯ КАПЕЛЬ  
ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В ДИЗЕЛЯХ

О. Н. Лебедев

(Новосибирск)

В последнее время водотопливные эмульсии (ВТЭ) начинают получать все большее применение в дизелях [1—3 и др.]. Это объясняется тем, что перевод двигателей на этот вид топлива ведет к заметному увеличению их КПД или при неизменной экономичности дает возможность существенно (на 20÷25%) форсировать машину.

Основной причиной улучшения рабочего процесса дизеля при использовании ВТЭ принято считать повышение качества смесеобразования. По современным представлениям [4], физическая модель процесса смесеобразования складывается из распыления топлива, распространения капель в пространстве сгорания (макросмесеобразование) и образования горючей смеси (микросмесеобразование) в результате испарения горючего и диффузии его паров в окружающий воздух. Как показали исследования [5, 6], первичное распыление и макросмесеобразование в условиях низких температур (20°C) при переходе с обычного топлива на ВТЭ претерпевают настолько незначительные изменения, что это не может оказать заметного влияния на работу дизеля. Следовательно, объяснение эффекта от использования ВТЭ нужно искать в особенностях сгорания капель распыленной эмульсии.

Согласно работе [1], капли распыленной ВТЭ представляют собой сложную систему, состоящую из топлива, в котором содержится большое количество включений воды. Это предположение, как правило, вызывает сомнение, поскольку возможно допустить существование в факеле распыленной ВТЭ отдельно капель топлива и воды.

Для выяснения этого вопроса при помощи специальной диафрагмы несколько капель из факела распыленной эмульсии улавливалось на смоченную в спирте стеклянную подложку. Структура полученных таким образом частиц изучалась с помощью микроскопа МС-51. Исходная эмульсия дизельного топлива с водой готовилась с помощью специального стройного диспергатора и распылялась штифтовой дизельной форсункой.

Многokратные визуальные наблюдения и обработка полученных фотографий показали, что капли эмульгированного дизельного топлива, полученные при помощи дизельных форсунок, состоят из частиц топлива, внутри которых находится большое число хаотически движущихся включений воды сферической формы. При этом оказалось, что диаметр капель воды колеблется в интервале от 1 до 3 мкм и практически не зависит от степени дисперсности (в интервале 10÷100 мкм) и весовой доли влаги (0÷30%) в исходной эмульсии, а также от скорости истечения ВТЭ из соплового отверстия (100÷140 м/с). На рис. 1 в ка-

честве примера приведена фотография капли распыленной ВТЭ.

Изучение структуры капель, образующихся при распылении эмульгированных топлив, позволило подойти к выявлению механизма их сгорания. Опытами [1] установлено, что при сжигании капель ВТЭ имеет место явление «микровзрыва», объясняемое следующим образом. Температура поверхности капли в процессе испарения меньше температуры кипения топлива, но значительно выше температуры кипения воды, заключенной внутри капель. Благодаря этому микрочастицы влаги в процессе прогрева капли быстрее превращаются в пар, чем топливо. Когда давление водяных паров внутри частицы превысит силы поверхностного натяжения пленки, происходит взрывное разрушение поверхности, в результате чего капли эмульсии дробятся на более мелкие частицы, обеспечивая лучшее смесеобразование.

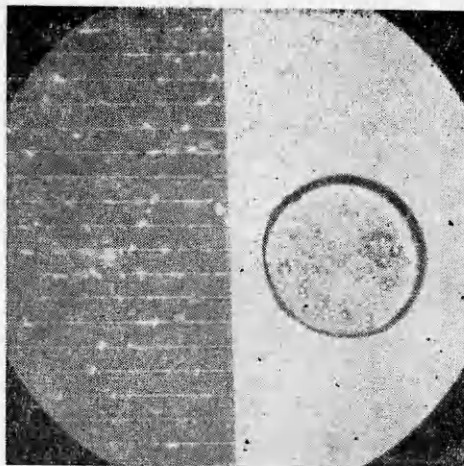


Рис. 1.

Значительное уменьшение размеров водных включений в каплях ВТЭ, получаемых топливной аппаратурой дизелей (1—3 мкм по отношению к 9—20 мкм в работе [1]), может изменить характер «микровзрывов». Для изучения этих процессов исследовалось сгорание капель эмульгированного моторного топлива, собранного после распыливания его дизельной форсункой. Капли ВТЭ, первоначальный размер которых изменялся от 1,5 до 2,3 мм, подвешивались на тонкой константановой проволоке. Затем подвеска с исследуемой каплей вводилась в прозрачное пламя спиртовой горелки, позволяющей регулировать температуру газа от 500 до 1050°C. В момент ввода подвески в пламя включалась скоростная кинокамера СКС-1, которая фиксировала исследуемый процесс на пленку.

На рис. 2 приведены кинограммы процессов сгорания капель чистого (слева) и эмульгированного моторного топлива (ГОСТ 1667-68). Температура газа в месте ввода капель составляла 850°C. Первоначальный размер капель был 1,8 мм, содержание воды в эмульсии составляло 30% по весу. Время нахождения капли в зоне высокой температуры (с): 1—0; 2—1,680; 3—1,980; 4—2,160; 5—2,175; 6—2,502; 7—2,730; 8—2,990. Из кинокадров видно, что механизмы сжигания капель чистого топлива и ВТЭ различны.

Процесс сгорания чистого топлива характеризуется наличием на поверхности капли теплового и диффузионного пограничных слоев, в которых протекает тепло- и массообмен с окружающей средой. В непосредственной близости от пограничного слоя находится реакционная зона, шаровая симметрия которой несколько нарушается в связи с наличием естественной конвекции. В процессе выгорания паров топлива поверхность капли уменьшается симметрично. В конце процесса сгорания на головке подвески остаются заметные следы нагара.

Процесс сгорания капли ВТЭ носит совершенно иной характер. Здесь практически не наблюдается горение топлива на поверхности исходной частицы. В период прогрева, который заметно больше, чем в случае горения чистого топлива, объем капли заметно возрастает. Это объясняется вскипанием частичек воды. Затем пары влаги прорывают оболочку топлива и устремляются наружу, искажая при этом форму

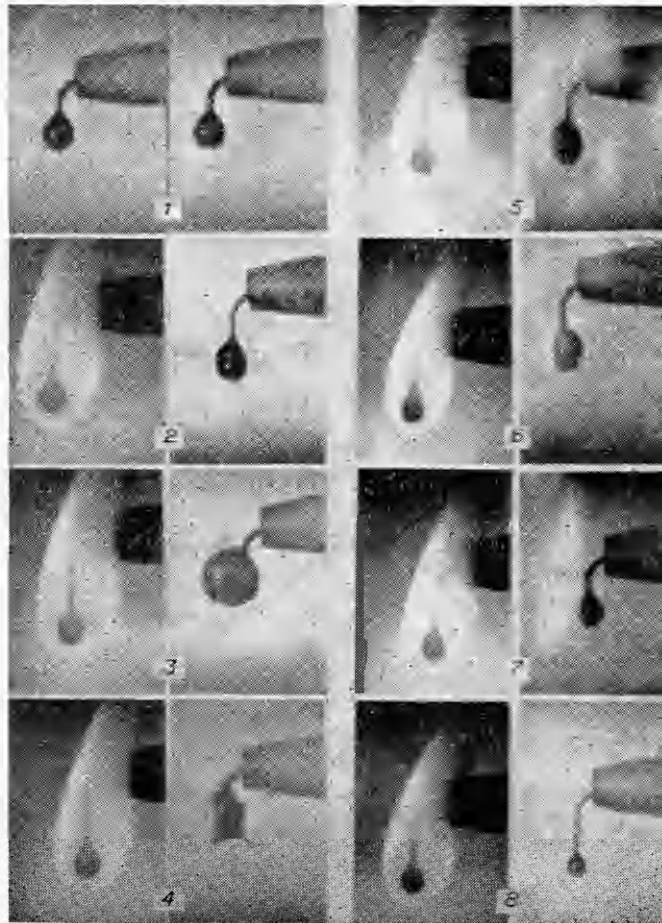


Рис. 2.

капли. Отдельные куски топлива захватываются парами воды и уносятся от капли на расстояние  $6 \div 10$  мм. Во время движения эти осколки топлива быстро прогреваются и быстро сгорают. Обработка киноплёнок позволила примерно установить скорость разлета осколков топлива. Она мало изменяется для всех режимов и составляет  $0,6 \div 1,2$  м/с.

После выхода части водяных включений поверхностное натяжение стягивает остаток капли. Наступает новый период прогрева, и процесс повторяется. Весь период выгорания капли ВТЭ состоит из нескольких таких процессов дробления. После выгорания на головке подвески не оставалось нагара.

Проведенное исследование подтвердило реальность «микровзрывов» капель ВТЭ, полученных топливной аппаратурой дизелей.

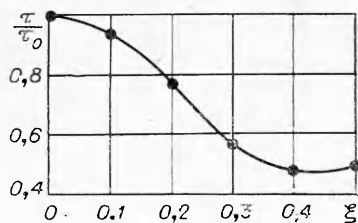


Рис. 3.

Из рис. 2 также следует, что капли ВТЭ сгорают значительно быстрее, чем частицы чистого топлива аналогичного размера. При этом эффект оказался зависящим от весовой доли воды в эмульсии. Последнее хорошо иллюстрируется рис. 3. Здесь по оси ординат отложена величина  $\tau/\tau_0$ , где  $\tau/\tau_0$  — соответственно времена испарения капель ВТЭ и чистого топлива, а по оси абсцисс — весовая доля воды  $\xi$ .

Высокие скорости движения частиц вторичного дробления капель эмульгированного топлива могут существенно улучшить процесс смесеобразования в дизелях. Как известно [5], основной недостаток струйного смесеобразования состоит в переобогащении сердцевины факела. После воспламенения топлива в этой области создаются благоприятные условия для термического разложения топлива, сопровождающегося интенсивным выделением свободного углерода (сажи). «Микровзрывы» капель ВТЭ должны создавать дополнительный радикальный поток жидкой фазы внутри струи, что повысит коэффициент избытка воздуха в центральной части факела. Последнее приведет к заметному снижению сажеобразования.

Для проверки последнего были исследованы процессы сажеобразования в судовом дизеле 1С 24/36. При испытаниях проводилось оптическое индирование дизеля с использованием методики и измерительной системы [7].

На рис. 4 показано изменение величины безразмерной концентрации сажи  $\bar{c}$  и степени черноты  $\epsilon$  от угла поворота коленчатого вала двигателя  $\varphi$  на топливе ДЛ (рис. 4, 1), а также на его эмульсиях с весовым содержанием воды 5 (кривая 2), 10 (3) и 16,5% (4).

Из рисунка видно, что присадка воды к топливу приводит к значительному снижению концентрации сажи. Последнее косвенно подтверждает благоприятное влияние «микровзрывов» на процесс горения топлива в дизеле.

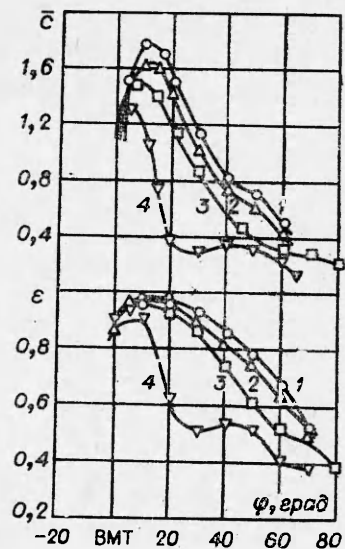


Рис. 4.

Поступила в редакцию  
14/VII 1976,  
после доработки — 20/IX 1976

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Иванов. Топливные эмульсии. М., Изд-во АН СССР, 1962.
2. Л. В. Сергеев. Изв. вузов, 1965, 12.
3. О. Н. Лебедев. Речной транспорт, 1976, 4.
4. Д. Н. Вырубов. Труды МВТУ, вып. 36. М., «Машиностроение», 1955.
5. О. Н. Лебедев. Методы улучшения смесеобразования в судовых четырехтактных дизелях. Новосибирск, НИИВТ, 1973.
6. О. Н. Лебедев, В. Д. Сисин. Труды НИИВТа, вып. 100. Новосибирск, НИИВТ, 1975.
7. Н. Х. Дьяченко, С. А. Батуриц, Б. П. Пугачев.— В сб.: Двигатели внутреннего сгорания. Вып. 4. М., НИИинформтяжмаш, 1973.